



ARTICLE INFO

Received: 24th May 2023

Accepted: 30th May 2023

Online: 31th May 2023

KEY WORDS

Композиция,
композиционный
полимерный материал,
антифрикционно -
износостойкий, полиэтилен,
термогравиметрия,
микроструктура,
структурообразование.

Введение. Современный уровень развития композиционных полимерных материалов (КПМ) позволяет создавать уникальные материалы, работоспособные в экстремальных условиях при низких и повышенных температурах, давлениях, агрессивных и абразивных средах. Тенденцией развития данного направления является создание высоконаполненных, армированных и особо прочных КПМ с регулируемыми эксплуатационными показателями конструкционного, специального и многофункционального назначения.

Однако существующие полимерные материалы и композиции на их основе ещё не находят широкого применения в рабочих органах машин и механизмов различных отраслей машиностроения, в частности, в оборудовании хлопкоперерабатывающей промышленности из-за отсутствия разработок по созданию надежных антифрикционных и антифрикционно-износостойких полимерных композиционных материалов на основе местных ресурсов и эффективной технологии их получения, а также изготовления из них машиностроительных изделий и деталей конструкционного и специального назначения

В настоящее время для изготовления деталей трущихся пар рабочих органов машин и механизмов требуется разработка новых композиционных полимерных материалов функционального назначения, предназначенных для работы в условиях трения при взаимодействии их с хлопком-сырцом. Это обусловило основные требования к ним. Такие материалы должны обладать высокой ударопрочностью,

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИФРИКЦИОННО_ИЗНОСОСТОЙКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНА МЕТОДОМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

To'xtasheva Malohat Nafasovna

Toshkent Kimyo-texnologiya instituti

Dotsent(PHD)

<https://www.doi.org/10.5281/zenodo.7996978>

ABSTRACT

Приведены результаты изучения микроструктуры исходных полимеров и антифрикционно-износостойких композиций. Микроструктура полимерных материалов в процессе испытаний почти не изменилась, что показывает четкое мелкосферолитное структурообразование, обеспечивающее изотропность свойств материала. Разработаны антифрикционно-износостойкие композиционные полимерные материалы для изготовления деталей колковых рабочих органов машин и механизмов при переработке хлопка-сырца.



низким коэффициентом трения, минимальным изнашиванием при трении с волокнистой массой (хлопком-сырцом).

Для ударопрочных материалов необходимым свойством является высокая ударопрочность (удельная вязкость), для антифрикционного материала - низкий коэффициент трения с хлопком-сырцом, для износостойкого композиционного материала - минимальное изнашивание, для антифрикционно-износостойких (АИ) композиционных материалов (КМ) - низкий коэффициент трения и низкая изнашиваемость материала при трении с хлопком-сырцом.

Исходя из того, что трение полимерных материалов с хлопком-сырцом имеет молекулярно-механо-электрическую природу, полученные результаты исследований позволят направленно изменять и регулировать свойства материалов, обеспечивая их соответствие требованиям, предъявляемым к композиционным полимерным материалам, работающим при взаимодействии с хлопком-сырцом.

Объекты и методы исследования. В качестве объекта исследования были выбраны разработанные антифрикционно-износостойкие композиционные полимерные материалы на основе полиэтилена высокой плотности (I- 0760 MDPE) и минеральные наполнители (сажа, графит, каолин) местного производства, обладающие высокой химической стойкостью и потенциально пригодные для переработки методом литья под давлением [2-3].

При проведении экспериментов были использованы дифференциальный термический анализ (ДТА), интегральная термогравиметрия (ИТГ) и дифференциальная термогравиметрия (ДТГ) антифрикционно-износостойких композиционных материалов на основе полиэтилена высокой плотности.

Полученные научные результаты и их обсуждение.

На основе проведенных исследований разработаны антифрикционные и антифрикционно-износостойкие композиционные полимерные материалы: неактивированные (числитель) и механоактивированные (знаменатель), заключающийся во введении в полимерную матрицу систему гибридных наполнителей из местного сырья и отходов производств разной структуры и природы в установленных оптимальных их соотношениях, обеспечивающих функционально важные физико-механические, триботехнические и эксплуатационные свойства композиционных полимерных материалов, работающих в условиях взаимодействия с хлопком-сырцом, предназначенных для деталей рабочих органов хлопковых машин и механизмов, свойства которых приведены в таблице.

Таблица

Свойства антифрикционно-износостойких композиционных полимерных материалов на основе полиэтилена высокой плотности

Показатели	Антифрикционные и антифрикционно-износостойкие полиэтиленовые композиции			
	АПЭК-1	АПЭК-2	АИПЭК-1	АИПЭК-2
Разрушающее напряжение при изгибе, МПа	33,4	35,5	40,9	37,7
	40,3	42,6	49,0	45,3
Ударная вязкость, кДж/м ²	17,5	21,3	27,3	23,0



	20,3	25,7	32,4	27,3
Твердость по Бринеллю, МПа	55,1	58,4	51,5	49,3
	66,4	70,5	62,4	60,1
Модуль упругости при изгибе, ГПа	0,62	0,65	0,75	0,71
	0,75	0,78	0,90	0,85
Коэффициент трения, f	0,28	0,29	0,32	0,35
	0,27	0,28	0,31	0,33
Интенсивность изнашивания, I·10 ¹⁰	6,7	6,5	5,3	5,6
	5,4	5,2	4,0	4,5
Температура в зоне трения, К	321	315	313	316
	315	310	308	312
Величина заряда статического электричества, Q·10 ⁻⁷ , Кл	23,7	20,3	16,7	20,2
	22,2	19,3	15,1	19,4

Примечание. Значения I и f при P = 0,02 МПа, V = 2,0 м/с

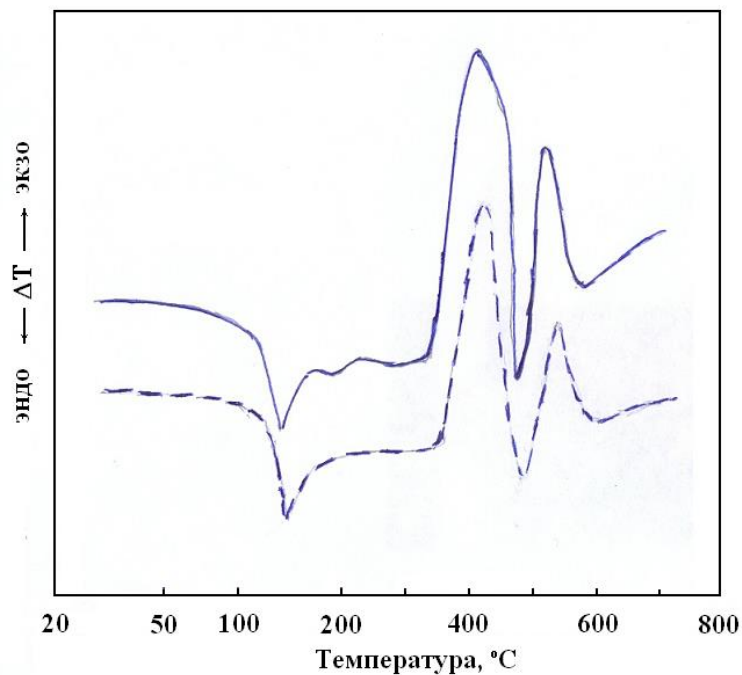
Как видно из таблицы, разработанные антифрикционные и антифрикционно-износостойкие композиционные полиэтиленовые материалы обладают достаточно высокими свойствами, что вполне отвечает функциональным требованиям, предъявляемым к материалам для деталей колковых рабочих органов хлопкоперерабатывающих машин и механизмов.

Таким образом, разработаны высокоэффективные антифрикционные и антифрикционно-износостойкие композиции функционального назначения на основе термопластичных полимеров,

Совокупный анализ кривых дифференциального термического анализа, интегральной термогравиметрии и дифференциальной термогравиметрии позволяет судить о термическом поведении образцов полимеров и полимерных композиций [4-6].

На рисунках 1, 2 и 3 приведены вышеназванные кривые для чистого ненаполненного полиэтилена высокой плотности и композиционного полимерного материала на его основе. На этих рисунках показаны результаты температурного сканирования исследуемых образцов в широком диапазоне (от комнатной температуры до температуры окончательной деструкции материалов).

С целью последующего выполнения корректного сравнения результатов термического анализа масса навесок образцов чистого (ненаполненного) полиэтилена и композита на его основе (наполненного специальными добавками полиэтилена) была выбрана следующим способом: если навеска полиэтилена составляла 100 мг, то полимерная составляющая в объеме композиции тоже должна была иметь массу 100 мг. В итоге масса навески композита превышала таковую ненаполненного полиэтилена на величину суммарной массы наполнителей, приходящихся на 100 мг исходного полимера. [7-8].



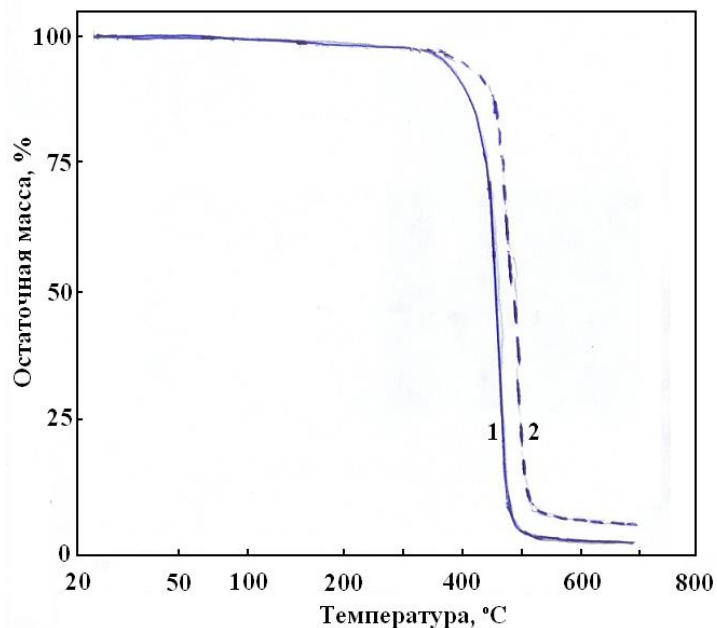
- 1 - исходный полиэтилен высокой плотности
2 - антифрикционно-износостойкий композиционный полимерный материал

Рис. 1. Кривые дифференциального термического анализа (ДТА) образцов из исходного полиэтилена высокой плотности и антифрикционно-износостойкого композиционного полимерного материала

На рисунке 1 представлены кривые дифференциального термического анализа (ДТА) исходного полиэтилена (1) и антифрикционно-износостойкого композиционного материала (2). По этим кривым видно, что процессы, протекающие в двух указанных образцах, имеют аналогичный характер, но с той лишь разницей, что в композите они происходят с некоторым запаздыванием по температурной шкале. Такой ход явлений можно объяснить, в основном, наличием частиц минеральных наполнителей. Например, температура плавления исходного полимера составляет 126 °С. Наличие твердых частиц наполнителя (каолина, графита) в композите приводит к тому, что расплав в этом случае становится более вязким, и соответственно, процесс плавления протекает при несколько высоких температурах. В результате температура плавления полимерной матрицы в композите наблюдается при температуре 134 °С.

Дальнейшее нагревание образцов в области температур (350 °С и выше) сопровождается процессами окисления и термоокислительной деструкции. Следует отметить также, некоторое запаздывание этих процессов по температурной шкале в композите. Такой характер поведения композита обусловлен наличием в нем молекул свето- и термостабилизаторов, которые тормозят процесс самовоспламенения, горения и разложения при высоких температурах. При этом интенсивность протекания этих процессов в композите несколько меньше, на что дополнительно указывает уменьшение площадей под наблюдаемыми экзотермическими процессами. [9-10].

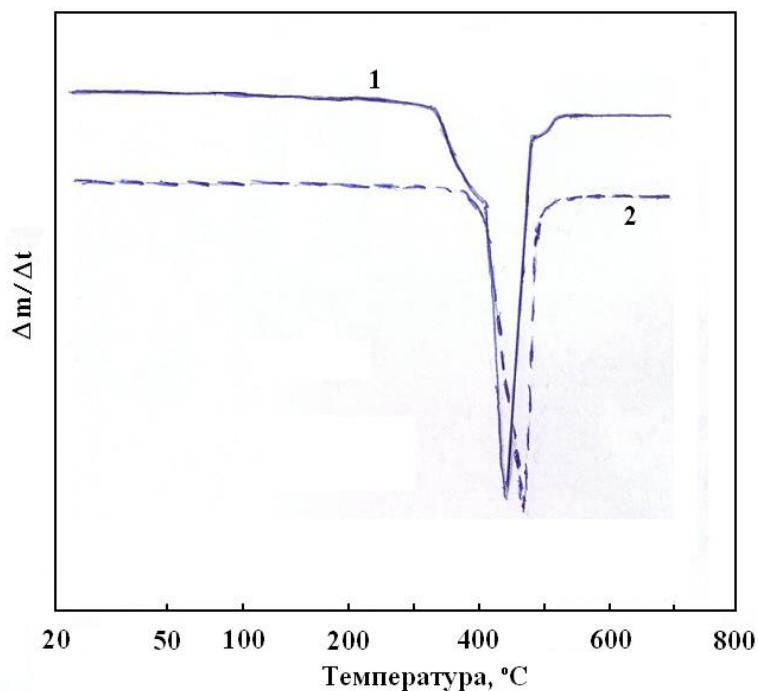
На рисунке 2 показаны кривые термогравиметрии (ТГ) для образцов исходного полиэтилена высокой плотности (1) и антифрикционно-износостойкого композиционного полимерного материала (2).



1- исходный полиэтилен высокой плотности

2 – антифрикционно-износостойкий композиционный полимерный материал

Рис. 2. Кривые термогравиметрии (ТГ) образцов из исходного полиэтилена высокой плотности и антифрикционно-износостойкого композиционного полимерного материала



1 исходный полиэтилен высокой плотности

2 антифрикционно-износостойкий композиционный полимерный материал



Рис. 3. Кривые термогравиметрии по производной (ТГП) образцов из исходного полиэтилена высокой плотности и антифрикционно-износостойкого композиционного полимерного материала

Здесь также наблюдается смещение процессов потери массы композита в сторону относительно высоких температур на величину порядка 50 °С по сравнению с образцом ненаполненного полимера. О причинах такого поведения были даны пояснения к рисунку 1, которые справедливы и в этом случае. [8].

На рисунке 3 представлены кривые термогравиметрии по производной (ТГП) или дифференциальной термогравиметрии (ДТГ). Если на рисунке 2 процессы потери массы образцов представлены в интегральном виде, то на рисунке 3 эти процессы показаны в дифференциальной форме. Эти два рисунка несут в себе информацию об одних и тех же процессах изменения массы в образцах только в различной форме. Они дополняют друг друга при выполнении анализа. Например, температуру, приходящуюся на наибольшую скорость потерь массы сложно установить по рисунку 2, а на рисунке 3 это отмечается очень точно, как минимум пика потерь при 425 °С и при 480 °С соответственно, для исходного полимера и композита. Следует добавить, что по кривой 1 рисунка 3 можно проследить трехстадийность главного процесса потери массы исходного полиэтилена, протекающего в промежутке температур от 330 до 520 °С. Первый этап охватывает область 330-410 °С, второй – 410-490 °С и третий 490-520 °С. Соответствующие величины потери массы, относящиеся к каждому этапу в миллиграммах или в % к исходной массе навески, можно легко определить по рисунку 2.

Выводы. Таким образом, выполнение совокупного анализа по кривым термического анализа (ДТА, ТГ и ДТГ) позволило получить более полную картину термического поведения исследуемых исходных и атмосферо- и химически стойких композиционных полимерных образцов на основе полиэтилена средней плотности и различных добавок в процессе их температурного сканирования.

References:

1. Негматов С.С., Абед Н.С., Гулямов Г. Молекулярно-механо-электрическая теория трения композиционных полимерных материалов с волокнистой массой// Полимерные композиты и трибология (Поликомтриб – 2019): Тезисы докладов международной научно-технической конференции 25-28 июня 2019.. –Гомель: ИММС НАН Беларуси, 2019. –С 78.
2. Негматов С.С., Абед Н.С., Гулямов Г.Трибоанализ взаимодействий композиционных полимерных материалов в процессе трения с волокнистой массой // Полимерные композиты и трибология (Поликомтриб – 2019): Тезисы докладов международной научно-технической конференции 25-28 июня 2019.. –Гомель: ИММС НАН Беларуси, 2019. –С.75.
3. Абед Н.С., Гулямов Г., Негматов С.С. Физик-кимёвий ва мустаҳкамлик хоссалари илгаридан берилган ва толали масса таъсирида ўзаро ишлайдиган композицион полимер қопламаларни ишлаб чиқиш муаммолари // Композиционные материалы. - Ташкент, 2019. - .№ 1. –С101-102.



4. Симонов-Емельянов Н.Д. и др. Структурирование, составы и свойства дисперсно-наполненных полимерных нанокомпозитов // Пластические массы. – Москва, 2012 . - № 6. – С. 7-13.
5. Готовцев В.М., Пуговишников П.С. Механическая трактовка возникновения межфазных напряжений в переходных поверхностных слоях // Современные наукоемкие технологии. 2005 -№ 3. –С. 27-28.
6. Липатов Ю.С. Физико-химические основы наполнения полимеров. –М.: Химия, 1991. -260 с.
7. Симонов-Емельянов Н.Д. и др. Структурирование, составы и свойства дисперсно-наполненных полимерных нанокомпозитов // Пластические массы. – Москва, 2012 . - № 6. – С. 7-13.
8. Гулямов Г., Негматов С.С. Разработка научных принципов создания ударопрочных, антифрикционных, износостойких и антифрикционно - износостойких композиционных полимерных материалов // Композиционные материалы, 2006.- № 1.-С.73.
9. Абед, Н.С., Гулямов Г., Негматов С.С., Тухташева М.Н. Исследования закономерностей процессов формирования физико-механических и триботехнических свойств композиционных полимерных материалов // Композиционные материалы. - Ташкент, 2017. - .№ 3.
10. Malohat Tukhtasheva, Giyas Gulyamov, Nodira Abed, Sayibjan Negmatov. Development of Antifrictional and Wear Proof Composite Polymeric Materials and Durability of Details of Working Bodies of Cars From Them Working at Interaction With Cotton Raw // Advanced Engineering Forum ISBN 2234-99X, Vol. 24, pp 93-97 doi: 10.4028/ www scientific. net/ AEF.24.93, 2017. Trans Tech Publications, Switzerland.